

SEIS SESSÕES DE HIT EM ESTEIRA AUMENTAM A OXIDAÇÃO DE LIPÍDIOS E LIMIARES VENTILATÓRIOS



ARTIGO ORIGINAL
ORIGINAL ARTICLE
ARTÍCULO ORIGINAL

SIX HIT TREADMILL SESSIONS IMPROVE LIPID OXIDATION AND VENTILATORY THRESHOLD INTENSITIES

SEIS SESIONES DE HIT EN CINTA DE CORRER AUMENTAN LA OXIDACIÓN DE LÍPIDOS Y UMBRALES VENTILATORIOS

Marcelo Luis Marquezi¹
(Profissional de Educação Física)
Camila Fabiana Martins Agostinho¹
(Profissional de Educação Física)
Fabio Rocha de Lima¹
(Profissional de Educação Física)
Juliana Monique Lino Aparecido¹
(Fisioterapeuta)
Marcelo Santin Cascapera²
(Médico)

1. Universidade Cidade de São Paulo (UNICID), Laboratório de Pesquisa em Educação Física (LAPEF), São Paulo, Brasil.
2. Santa Casa de Misericórdia de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.

Correspondência:

Marcelo Luis Marquezi
Rua Cesário Galeno, 432/448,
Tatuapé, São Paulo, SP, Brasil.
03071-000.
mlmqzz@gmail.com

RESUMO

Introdução: O treinamento cardiorrespiratório intervalado de alta intensidade (high-intensity interval training, HIT) tem sido utilizado como alternativa ao treinamento cardiorrespiratório contínuo de intensidade submáxima e duração prolongada. **Objetivo:** Propor um protocolo de HIT utilizando corrida em esteira e verificar a influência de seis sessões de HIT com esse protocolo sobre os limiares anaeróbios ventilatórios (LAVs) e o padrão de oxidação de substratos durante o exercício contínuo de intensidade submáxima (ECIS). **Métodos:** Quinze indivíduos irregularmente ativos foram submetidos, antes e após seis sessões de HIT com corrida em esteira, a teste progressivo máximo para determinação do pico de consumo de oxigênio (VO_{2pico}), velocidade de pico (V_{pico}) e LAVs seguidos de ECIS para determinação das taxas de oxidação de lipídios (LIPox) e carboidratos (CHOox). As sessões de HIT eram compostas por oito séries de 60 segundos a $100\%V_{pico}$ com 75 segundos de recuperação passiva entre as séries e com 48 horas de intervalo entre as sessões. **Resultados:** Observaram-se aumentos das intensidades de ocorrência dos LAVs (4,4% para LAV1 e 8,8% para LAV2), redução de 12,8% de CHOox e aumento de 23,7% de LIPox; como consequência, a energia relativa derivada de LIPox apresentou-se 20,3% maior após o período de treinamento. A V_{pico} foi de ~15 km/h, promovendo intensidades correspondentes a ~84% VO_{2pico} e ~91% FC_{pico} ao longo do período de treinamento. **Conclusão:** O protocolo proposto promoveu adaptações e intensidades similares às descritas na literatura; porém, ao contrário de outros, é passível de aplicação em indivíduos irregularmente ativos. **Nível de Evidência II; Estudo prospectivo comparativo.**

Descritores: Treinamento intervalado de alta intensidade; Resistência Física; Metabolismo dos Lipídeos.

ABSTRACT

Introduction: High-intensity interval training (HIT) has been used as an alternative to cardiorespiratory training performed continuously at submaximal intensity and over long periods. **Objectives:** Propose a treadmill HIT protocol and verify the influence of six HIT sessions with this protocol on ventilatory anaerobic thresholds (VATs) and substrate oxidation pattern during submaximal continuous exercise (SCE). **Methods:** Fifteen sporadically active subjects underwent maximal progressive testing before and after six HIT treadmill running sessions to determine peak oxygen uptake (VO_{2peak}), peak velocity (V_{peak}), and VATs followed by SCE to determine lipid (LIPox) and carbohydrate (CHOox) oxidation rates. The HIT sessions consisted of eight sets of 60s at $100\%V_{peak}$, interspersed with 75s of passive recovery between sets and a 48h interval between sessions. **Results:** Our results showed increases in VAT intensities of 4.4% for VAT1 and 8.8% for VAT2, a decrease of 12.8% in CHOox and an increase of 23.7% for LIPox; accordingly, the relative energy derived from LIPox was 20.3% higher after the training period. V_{peak} was ~15 km/h, producing intensities corresponding to ~84% VO_{2peak} and ~91% FC_{peak} over the training period. **Conclusion:** The proposed protocol produced adaptations and intensities which are similar to those described in the literature, but unlike others, it can be applied in sporadically active individuals. **Level of Evidence II; Comparative prospective study.**

Keywords: High-intensity interval training; Physical Endurance; Lipid Metabolism.

RESUMEN

Introducción: El entrenamiento cardiorrespiratorio intermitente de alta intensidad (high-intensity interval training, HIT) ha sido utilizado como alternativa al entrenamiento cardiorrespiratorio continuo de intensidad submáxima y duración prolongada. **Objetivo:** Proponer un protocolo de HIT utilizando carrera en cinta y verificar la influencia de seis sesiones de HIT con ese protocolo sobre los umbrales anaeróbicos ventilatorios (UAVs) y el patrón de oxidación de substratos durante el ejercicio continuo de intensidad submáxima (ECIS). **Métodos:** Quince individuos irregularmente activos fueron sometidos, antes y después de seis sesiones de HIT con carrera en cinta, a test progresivo máximo para determinación del pico de consumo de oxígeno (VO_{2pico}), velocidad de pico (V_{pico}) y UAVs seguidos de ECIS para determinación de las tasas de oxidación de lipídios (LIPox) y carboidratos (CHOox). Las sesiones de HIT eran compuestas por ocho series de 60 segundos a $100\%V_{pico}$ con 75 segundos de recuperación pasiva entre las series y con 48 horas de intervalo entre las sesiones. **Resultados:** Se observaron aumentos de las intensidades de ocurrencia de los UAVs (4,4% para UAV1 y 8,8% para UAV2), reducción de 12,8% de CHOox y aumento de 23,7% de LIPox; como consecuencia, la energía relativa derivada



de LIPox se presentó 20,3% mayor después del período de entrenamiento. La V_{pico} fue de ~ 15 km/h, promoviendo intensidades correspondientes a $\sim 84\%VO_{2pico}$ e $\sim 91\%FC_{pico}$ a lo largo del período de entrenamiento. Conclusión: El protocolo propuesto promovió adaptaciones e intensidades similares a las descritas en la literatura; sin embargo, al contrario de otros, es posible de aplicación en individuos irregularmente activos. **Nivel de Evidencia II; Estudio prospectivo comparativo.**

Descriptor: Entrenamiento de intervalos de alta intensidad; Resistencia Física; Metabolismo de los Lípidos.

INTRODUÇÃO

A resistência cardiorrespiratória, expressa pelo consumo de oxigênio (VO_2), é um dos componentes mais importantes da aptidão física.¹ Seu treinamento eleva a atividade oxidativa mitocondrial, a difusão pulmonar e a saturação da hemoglobina otimizando a oxidação de lipídeos (LIP), a redução da síntese muscular de ácido láctico e o acúmulo sanguíneo de lactato e íons hidrogênio.^{2,3}

Diferentes protocolos de exercício cardiorrespiratório (ECr) têm sido propostos a fim de otimizar a utilização de ácidos graxos (AGs), uma vez que baixas taxas de oxidação de LIP podem estar envolvidas com o desenvolvimento de sobrepeso, diabetes tipo II e doenças cardiovasculares.⁴

O treinamento cardiorrespiratório intervalado de alta intensidade (*high-intensity interval training*, HIT), caracterizado por breves períodos de atividade vigorosa intercalados por períodos de repouso ou de exercício de baixa intensidade,⁵ tem sido utilizado como alternativa ao treinamento cardiorrespiratório tradicional (TCT), realizado de modo contínuo com intensidade submáxima e duração prolongada. Estudos recentes observaram adaptações semelhantes ou superiores promovidas pelo HIT, referentes à atividade oxidativa muscular,⁷⁻⁹ utilização de substratos energéticos durante ou após o exercício^{6,7,9-11} e função cardiovascular^{6,12,13} entre outras, sugerindo potenciais implicações relacionadas à saúde, incluindo diabetes tipo II, sobrepeso/obesidade e doença cardiovascular,^{6,14} além de óbvio aumento da capacidade de desempenho.^{13,15,16}

Entretanto, a maior parte dos estudos envolvendo HIT utilizam protocolos de cicloergometria derivados do teste de Wingate.¹⁵ Protocolos de treinamento com estas características requerem, além de ergômetro especializado, um nível de motivação extremamente alto dos sujeitos, e dada a natureza extrema do exercício, é questionável se a população em geral pode adotar esse modelo de forma segura e prática.⁶

Os objetivos do presente estudo, neste sentido, foram: a) propor um protocolo alternativo de HIT utilizando a corrida em esteira, uma vez que a literatura apresenta diferentes protocolos de treinamento utilizando cicloergometria como modelo predominante; verificar a influência de seis sessões de HIT de corrida em esteira b) sobre as intensidades em que os limiares anaeróbios ventilatórios (LAVs) ocorrem, e c) sobre o padrão de oxidação de substratos durante exercício contínuo de intensidade submáxima (ECIS, 45 minutos de corrida em esteira na intensidade do primeiro limiar anaeróbio ventilatório, LAV1).

MATERIAIS E MÉTODOS

Todos procedimentos foram submetidos e aprovados pelo Comitê de Ética para Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Cidade de São Paulo (CAAE 31998914.8.0000.0064), e todos sujeitos assinaram Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. O experimento foi conduzido no Laboratório de Fisiologia e Metabolismo da Universidade Cidade de São Paulo.

Participaram do estudo quinze homens, irregularmente ativos conforme IPAQ, não fumantes e que não estavam utilizando qualquer medicamento ou ergogênico nutricional durante o período do estudo. Os valores médios \pm erro padrão para idade, peso, estatura, percentual de gordura e pico de consumo de oxigênio (VO_{2pico}) relativo a massa corporal total dos sujeitos foram $25,8 \pm 1,2$ anos, $72,3 \pm 1,4$ kg, $175,2 \pm 2,1$ cm, $16,3 \pm 0,9$ % e $42,5 \pm 1,3$ ml/kg/min, respectivamente. Os sujeitos foram orientados a manter o número de refeições diárias, tipo de alimento consumido e modo de preparo ao longo do estudo.

Após avaliação clínica, os sujeitos foram testados para determinação do VO_{2pico} , velocidade de pico (V_{pico}) e LAVs. Após dois dias da realização das avaliações iniciais, os sujeitos foram submetidos a ECIS para determinação das taxas de oxidação de LIP (LIPox) e carboidratos (CHOox), após 4hs de restrição alimentar seguidas de ingestão de maltodextrina (1g/kg, solução a 12%), 30min antes do início da atividade. Subsequentemente os sujeitos realizaram seis sessões de HIT com 48h de intervalo entre sessões. Ao término do período de treinamento os sujeitos foram novamente testados para determinação do VO_{2pico} , V_{pico} e LAVs, e submetidos à novo ECIS para determinação das taxas de LIPox e CHOox, nas mesmas condições acima citadas. (Figura 1)

Anteriormente ao teste de determinação do VO_{2pico} , os sujeitos permaneceram deitados em repouso durante 10 minutos, para coletas ventilatórias e registros de frequência cardíaca (FC) iniciais. O protocolo de teste consistiu em corrida em esteira (Modelo ATL, Inbrasport Ltda; Brasil), com velocidade inicial de 6km/h, seguido de incrementos de 1km/h a cada 1 minuto até a exaustão voluntária dos sujeitos.

Os parâmetros ventilatórios foram coletados durante o repouso e continuamente ao longo dos testes, a cada ciclo respiratório, e analisados em média de 20 segundos através de analisador de gases computadorizado (modelo VO2000; Inbrasport Ltda; Brasil). O analisador de gás foi calibrado para volume e concentração padrão de gases imediatamente



Figura 1. Delineamento experimental do estudo.

antes do primeiro teste do dia e re-calibrado após cada teste, conforme padronização do fabricante. A FC foi registrada através de monitor cardíaco (modelo Sport Test; Polar Electro OY; Finlândia), continuamente ao longo dos testes. Após a exaustão foram realizados dois períodos de recuperação de 2 minutos, com 50% e 25% da maior velocidade atingida. Nos períodos de recuperação somente a FC foi monitorada.

Os critérios para determinação do $VO_{2\text{pico}}$ e exaustão foram: ocorrência de um platô no VO_2 (caracterizado por aumentos de 2ml/kg/min ou menores) e incapacidade de manter a velocidade de corrida, respectivamente. A V_{pico} correspondeu à maior velocidade atingida durante o teste.

Os LAVs foram determinados a partir dos equivalentes ventilatórios (VE/VO_2 e VE/VCO_2), frações expiradas finais (FEO_2 e $FECO_2$) e quociente respiratório (QR), e expressos em função do VO_2 (em ml/kg/min). O LAV1 correspondeu ao menor valor de VE/VO_2 antes de seu aumento continuado associado ao início do aumento abrupto e continuado do QR. O LAV2 correspondeu ao ponto em que os aumentos não lineares de VE/VO_2 , VE/VCO_2 e FEO_2 coincidiram com a queda de $FECO_2$.¹⁷

Antes e após o período de treinamento os sujeitos foram submetidos a 45 minutos de ECr na intensidade do LAV1 (ECIS pré e pós-treino) após 4hs de restrição alimentar seguidas de ingestão de maltodextrina (1g/kg, solução a 12%), 30 minutos antes do início da atividade. A restrição alimentar e ingestão de CHO anteriormente às sessões de ECIS tiveram como propósito possibilitar estados metabólicos semelhantes entre sujeitos durante as sessões experimentais. Parâmetros ventilatórios foram coletados durante o repouso e continuamente ao longo dos ECIS, a cada ciclo respiratório, e analisados em médias de 20 segundos através de analisador de gases computadorizado (modelo VO2000; Inbrasport Ltda; Brasil) para determinação das taxas de LIPox e CHOox.

As taxas de LIPox e CHOox foram determinadas em blocos de 10 minutos ao longo dos ECIS, a partir dos valores médios de VO_2 e VCO_2 (l/min) correspondentes aos dois últimos minutos de cada bloco. As taxas de oxidação (em g/min) foram calculadas usando equações estequiométricas de Frayn,¹⁸ supondo insignificante a taxa de excreção de nitrogênio. A energia provida da LIPox e CHOox (LIPkc e CHOkc, respectivamente; em kcal/min) foi calculada a partir de seus respectivos equivalentes energéticos (9,75 e 3,87 kcal/g; para LIP e CHO, respectivamente).

Os sujeitos realizaram seis sessões de HIT, com 48h de intervalo entre sessões. O protocolo de HIT de corrida em esteira consistiu de dois períodos iniciais de aquecimento (2min cada, a 25% e 50% V_{pico}), seguidos de oito séries de 60seg a 100% V_{pico} por 75seg de recuperação passiva, mais dois períodos finais de desaquecimento (2min cada, a 50% e 25% V_{pico}). Parâmetros ventilatórios e FC foram mensurados em cada sessão de treinamento para determinação da intensidade relativa de esforço.

Análise estatística

Os resultados estão apresentados como média \pm erro padrão. A homogeneidade das variâncias foi verificada pelo teste de Levene. Parâmetros ventilatórios, FC, velocidade de corrida e taxas de oxidação das sessões experimentais foram comparados pelos testes t de Student ou Sign para dados pareados. As intensidades relativas de esforço entre sessões de treinamento e séries de corrida foram comparadas através de análise de variância de fator único, seguido de teste post hoc HSD de Tukey. O nível de significância adotado foi $p < 0,05$. O tratamento estatístico foi realizado através do software Statistica for Windows (versão 8.0, 2007; Statsoft, Inc.; Estados Unidos).

RESULTADOS

Não foram observadas diferenças significativas entre os valores absolutos no pico de esforço pré e pós-treino para VO_2 , FC e velocidade de corrida. (Tabela 1)

As seis sessões de treinamento promoveram aumento das intensidades de ocorrência dos LAVs, relativas ao $VO_{2\text{pico}}$, de 4,4% para LAV1 ($p = 0,23$) e 8,8% para LAV2 ($p = 0,01$). Foram observados aumentos discretos, porém não significativos, para FC e velocidade de corrida nas intensidades dos LAVs, relativas ao $VO_{2\text{pico}}$. (Tabela 2)

Os valores médios para QR e oxidação de substratos pré e pós-treino estão apresentados na Tabela 3. Após as sessões de treinamento observou-se redução de 12,8% da CHOox ($p = 0,01$) e aumento de 23,7% da LIPox ($p = 0,04$). Em consequência, a energia relativa derivada da LIPox (Figura 2) foi 20,3% maior após o período de

Tabela 1. Teste máximo: valores absolutos para parâmetros de desempenho.

		VO_2 (mL/kg/min)	FC (bpm)	VEL (km/h)
LAV1	Pré	20,4 \pm 0,5	130,0 \pm 3,2	7,1 \pm 0,2
	Pós	20,9 \pm 1,8	127,3 \pm 2,7	7,3 \pm 0,2
LAV2	Pré	30,9 \pm 0,9	165,9 \pm 3,8	10,7 \pm 0,4
	Pós	32,8 \pm 2,6	162,3 \pm 3,0	11,0 \pm 0,3
PICO	Pré	42,4 \pm 1,2	191,4 \pm 2,9	14,9 \pm 0,4
	Pós	40,6 \pm 3,1	187,5 \pm 2,5	15,3 \pm 0,4

Valores médios \pm erro padrão; n = 15. LAV1, primeiro limiar anaeróbio ventilatório; LAV2, segundo limiar anaeróbio ventilatório; MX, capacidade pico de esforço; VO_2 , consumo de oxigênio; FC, frequência cardíaca; VEL, velocidade de corrida.

Tabela 2. Teste máximo: valores relativos ao pico de esforço para parâmetros de desempenho.

		VO_2 (%)	FC (%)	VEL (%)
LAV1	Pré	48,5 \pm 1,5	67,9 \pm 1,1	47,9 \pm 0,8
	Pós	50,7 \pm 1,8	68,7 \pm 1,5	48,8 \pm 0,9
LAV2	Pré	73,0 \pm 1,3	86,6 \pm 1,1	71,7 \pm 1,5
	Pós	79,4 \pm 1,5 ^A	87,0 \pm 1,3	73,1 \pm 1,8
$\Delta\%$	LAV1	4,4	1,3	1,8
	LAV2	8,8 ^B	0,5	1,9

Valores médios \pm erro padrão; n = 15. LAV1, primeiro limiar anaeróbio ventilatório; LAV2, segundo limiar anaeróbio ventilatório; $\Delta\%$, variação relativa; VO_2 , consumo de oxigênio; FC, frequência cardíaca; VEL, velocidade de corrida. ^A indica $p < 0,05$ vs. PRÉ. ^B indica $p < 0,05$.

Tabela 3. Oxidação de substratos entre os períodos de treinamento.

	QR	CHOox (g/min)	LIPox (g/min)
ECIS			
Pré	0,91 \pm 0,01	1,71 \pm 0,06	0,28 \pm 0,02
Pós	0,89 \pm 0,01 ^A	1,49 \pm 0,05 ^A	0,34 \pm 0,02 ^A
$\Delta\%$	-2,2 ^B	-12,8 ^B	23,7 ^B

Valores médios \pm erro padrão; n = 15. ECIS, exercício contínuo de intensidade submáxima; QR, quociente respiratório; CHOox, oxidação de carboidratos; LIPox, oxidação de lipídeos; $\Delta\%$, variação relativa. ^A indica $p < 0,05$ vs. PRÉ; ^B indica $p < 0,05$.

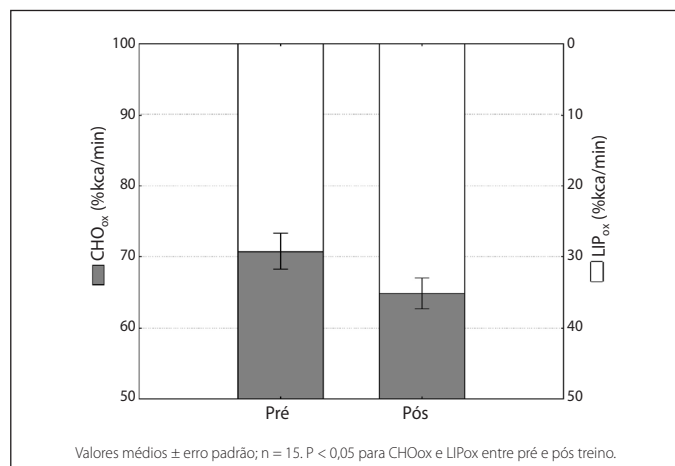


Figura 2. Contribuição relativa de CHO e LIP para o dispêndio calórico.

treinamento ($29,2 \pm 2,5$ para $35,1 \pm 2,2$ %kcal/min, pré e pós-treino, respectivamente; $p = 0,01$).

A V_{pico} foi de $14,9 \pm 0,4$ km/h, promovendo intensidades relativas correspondes a $83,8 \pm 0,6\%VO_{2pico}$ e $91,4 \pm 0,2\%FC_{pico}$ ao longo do treinamento. Não foram observadas diferenças significativas entre as seis sessões de treinamento para $\%VO_{2pico}$ e $\%FC_{pico}$ (Figuras 3 e 4, respectivamente).

Não foram observadas diferenças significativas entre as oito séries de corrida ao longo do treinamento para $\%VO_{2pico}$ (Figura 5); entretanto a $\%FC_{pico}$ apresentou diferenças significativas nas comparações das séries iniciais com as séries finais. (Figura 6)

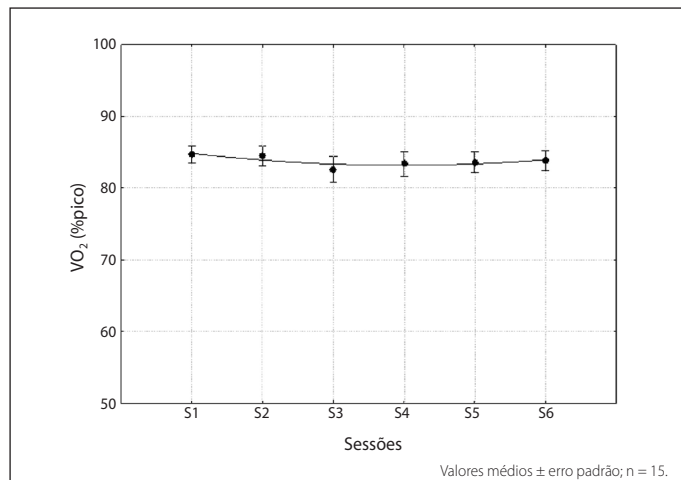


Figura 3. Intensidades de esforço relativas ao consumo pico de oxigênio: sessões de treino.

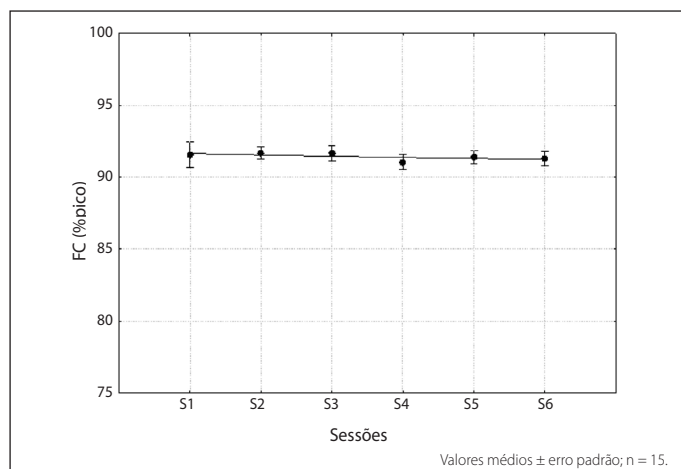


Figura 4. Intensidades de esforço relativas à frequência cardíaca pico: sessões de treino.

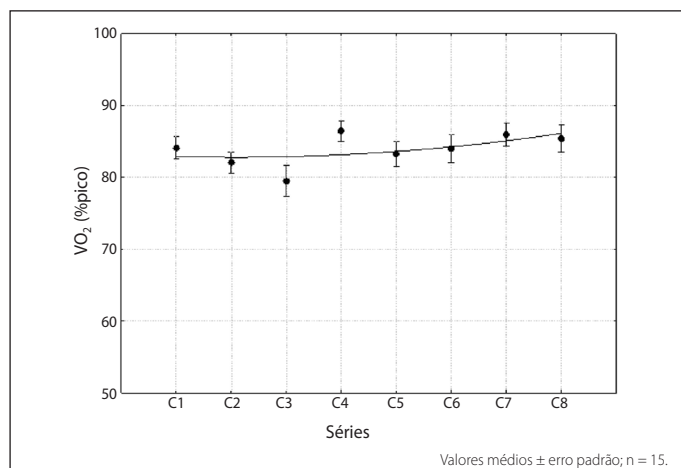


Figura 5. Intensidades de esforço relativas ao consumo pico de oxigênio: séries de corrida.

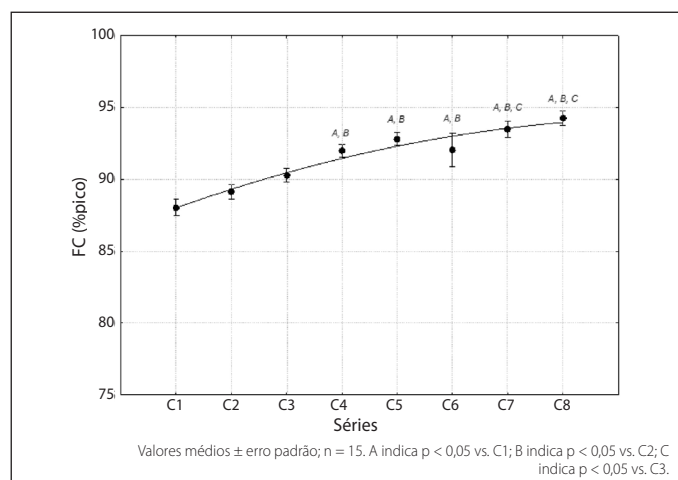


Figura 6. Intensidades de esforço relativas a frequência cardíaca pico: séries de corrida.

DISCUSSÃO

Os objetivos do presente estudo foram verificar a influência de sessões de HIT com protocolo de corrida em esteira sobre os LAVs e padrão de oxidação de substratos durante ECIS. Nossos resultados demonstraram alterações nas intensidades dos LAVs e aumento da oxidação e contribuição de LIP para manutenção da demanda energética durante ECIS, após seis sessões de corrida em esteira compostas por oito séries de 60 segundos a $100\%V_{pico}$ por 75 segundos de recuperação passiva.

A literatura tem consistentemente demonstrado que o treinamento regular da resistência cardiorrespiratória aprimora o desempenho de tarefas que dependem fundamentalmente do metabolismo energético oxidativo, em grande parte devido ao aumento da capacidade dos músculos esqueléticos em transportar e utilizar O_2 e LIP quando exercitados. Por este motivo diferentes protocolos de ECr têm sido propostos a fim de otimizar a utilização de AGs, uma vez que baixas taxas de LIPox podem estar envolvidas com o desenvolvimento de sobrepeso, diabetes tipo II e doenças cardiovasculares.¹⁹

Diversos estudos relatam diferenças significativas nas respostas ao longo do período de recuperação pós-exercício em função do modo de execução do ECr associado à sua intensidade de esforço. Kaminsky et al.,²⁰ Bahr & Sejersted²¹ e Borsheim & Bahr²² observaram maior magnitude e duração do EPOC promovida pelo ECr realizado em períodos de atividade vigorosa intercalados por períodos de baixa intensidade, implicando em maiores gastos calóricos e LIPox. Por outro lado, a LIPox durante a atividade física está diretamente relacionada à intensidade do exercício realizado. A literatura, por exemplo, indica intervalos de intensidade para LIPox máxima entre 44 a 49% do VO_{2max} e 60 a 64% da FC_{max} ,^{23,24} ou seja, em intensidades próximas ao LAN1.

No entanto, a maior parte dos estudos envolvendo HIT utilizam protocolos de cicloergometria derivados do teste de Wingate¹⁵, com esforços máximos repetidos. Little et al.,²⁵ por exemplo, utilizaram protocolo de cicloergometria composto por 4 séries de 30 segundos com carga de $0,075$ kg/kg de massa corporal a velocidade máxima e 4 minutos de repouso passivo entre séries. Protocolos de treinamento com estas características requerem, além de ergômetro especializado, um nível de motivação extremamente alto dos sujeitos, e dada a natureza extrema do exercício, é questionável se a população em geral pode adotar esse modelo de forma segura e prática.⁶

Neste sentido, diferentes estudos propuseram protocolos de HIT alternativos àqueles envolvendo esforços máximos ou supra máximos. Little et al.,⁸ em estudo anterior ao citado acima, observaram que oito a doze séries de cicloergometria de 60 segundos com aproximadamente 350W, intercaladas por 75 segundos com 30W, promoveram intensidades

de esforço compatíveis com adaptações promovidas por protocolos de cicloergometria derivados do teste de Wingate. Gist et al.²⁶ ao comparar exercícios calistênicos com cicloergometria semelhante ao teste de Wingate, observaram que quatro séries de 30 segundos com o maior número de repetições possíveis do exercício calistênico promoveram intensidades semelhantes ao protocolo de cicloergometria, na ordem de 80%VO_{2pico} e 85%FC_{pico}. Weston et al.¹⁵ indicam intensidades médias de 85 a 95%FC_{pico} para o treinamento de HIT para a população em geral, sugerindo uma classificação baseada nestas intensidades para caracterizar diferentes protocolos de exercício intervalado como HIT.

Nossos resultados sugerem, deste modo, em conformidade com a literatura, que o protocolo de corrida em esteira proposto promove intensidades suficientes para caracterizá-lo como de alta intensidade; porém, ao contrário de outros, é passível de aplicação em indivíduos fisicamente ativos não treinados.

A alteração da capacidade de desempenho e do padrão de oxidação de substratos promovidas pelo HIT podem ser explicados pelo aumento da atividade oxidativa muscular e utilização de substratos energéticos, durante ou após o exercício, entre outras. Talanian et al.¹⁰ observaram alteração do padrão de oxidação de substratos em mulheres fisicamente ativas submetidas a sete sessões de HIT em cicloergômetro (10 séries de 4min a 90% VO_{2pico} com 2min de repouso entre séries) ao longo de 13 dias. Perry et al.¹¹ constataram as mesmas adaptações ao reproduzir o protocolo acima descrito em homens ativos não treinados, durante seis semanas. Em trabalho posterior, Talanian et al.⁷ verificaram que o treinamento neste protocolo promove aumento das proteínas transportadoras de AGs sarcoplasmáticas e mitocondriais (FAT/CD36 e FABPm) e maior atividade enzimática oxidativa, adaptações estas responsáveis pelo aumento da LIPox e alteração do padrão de oxidação

de substratos. Little et al.⁸ verificaram que após seis sessões de HIT em cicloergômetro (8 a 12 séries de 60seg a 100% da carga máxima por 75seg de recuperação a 10% da carga máxima entre séries), há estímulo para a biogênese mitocondrial em decorrência do aumento do conteúdo da proteína PGC-1 α (*peroxisome proliferator-activated receptor γ co-activator 1 α*), adaptação esta também observada após uma única sessão de HIT com 4 séries de 30 segundos com 0,075 kg/kg a velocidade máxima por 4 minutos de repouso entre séries.²⁵

As adaptações acima, aumento das proteínas transportadoras de AGs sarcoplasmáticas e mitocondriais associada à biogênese mitocondrial, potencializam a LIPox em detrimento da utilização de CHO²⁷ e podem constituir-se no provável mecanismo de interferência do HIT no processo de oxidação de substratos.^{23,24,27}

CONCLUSÃO

Nossos resultados sugerem, em conformidade com a literatura, que o protocolo proposto promove intensidades suficientes para caracterizá-lo como de alta intensidade; porém, ao contrário de outros, é passível de aplicação em indivíduos fisicamente ativos não treinados.

Nossos resultados indicam, também, que seis sessões de HIT com protocolo de corrida em esteira promovem alterações: a) nas intensidades de ocorrência dos LAVs, expressos em função do VO₂, especialmente para LAV2, e b) do padrão de oxidação de substratos, durante corrida em esteira com intensidade submáxima, com aumento da oxidação e contribuição de LIP para manutenção da demanda energética.

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES: Cada autor contribuiu individual e significativamente para o desenvolvimento do manuscrito. MLM (0000-0002-6593-941X)*: confecção de todo o projeto de pesquisa, análise dos dados, redação do artigo e revisão; CFMA (0000-0002-0036-2103)* e FRL (0000-0002-9710-0803)*: sessões de treinamento, coleta de dados e revisão; JMLA (0000-0003-2859-929X)*: delineamento experimental, sessões de treinamento, coleta de dados e revisão; MSC (0000-0001-7667-9492)*: sessões de treinamento e coleta de dados. Todos os autores aprovaram a versão final do manuscrito. *ORCID (*Open Researcher and Contributor ID*).

REFERÊNCIAS

1. American College of Sports Medicine. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription, (9th ed.). Baltimore: Williams & Wilkins, 2014. ISBN 978-1-60913-605-5.
2. Holloszy JO, Coyle EF. Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol.* 1984;56(4):831-8.
3. Sahlin K. Control of lipid oxidation at the mitochondrial level. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2009;34(3):382-8.
4. Pruchnic R, Katsiras A, He J, Kelley DE, Winters C, Goodpaster BH. Exercise training increases intramyocellular lipid and oxidative capacity in older adults. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2004;287(5):E857-62.
5. Gibala MJ, Little JP, Macdonald MJ, Hawley JA. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *J Physiol.* 2012;590(5):1077-84.
6. Levine J, Melanson EL, Westertep KR, Hill JO. Measurement of the components of nonexercise activity thermogenesis. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2001;281(4):E670-5.
7. Talanian JL, Holloway GP, Snook LA, Heigenhauser GJ, Bonen A, Spriet LL. Exercise training increases sarcolemmal and mitochondrial fatty acid transport proteins in human skeletal muscle. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2010;299(2):E180-8.
8. Little JP, Safdar A, Wilkin GP, Tarnopolsky MA, Gibala MJ. A practical model of low-volume high-intensity interval training induces mitochondrial biogenesis in human skeletal muscle: potential mechanisms. *J Physiol.* 2010;588(Pt 6):1011-22.
9. Scribbans TD, Edgett BA, Vorobjev K, Mitchell AS, Joannisse SD, Matusiak JB, et al. Fibre-specific responses to endurance and low volume high intensity interval training: striking similarities in acute and chronic adaptation. *PLoS One.* 2014;9(6):e98119.
10. Talanian JL, Galloway SD, Heigenhauser GJ, Bonen A, Spriet LL. Two weeks of high-intensity aerobic interval training increases the capacity for fat oxidation during exercise in women. *J Appl Physiol.* 2007;102(4):1439-47.
11. Perry CG, Heigenhauser GJ, Bonen A, Spriet LL. High-intensity aerobic interval training increases fat and carbohydrate metabolic capacities in human skeletal muscle. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2008;33(6):1112-23.
12. McKay BR, Paterson DH, Kowalchuk JM. Effect of short-term high-intensity interval training vs. continuous training on O₂ uptake kinetics, muscle deoxygenation, and exercise performance. *J Appl Physiol (1985).* 2009;107(1):128-38.
13. Roxburgh BH, Nolan PB, Weatherwax RM, Dalleck LC. Is moderate intensity exercise training combined with high intensity interval training more effective at improving cardiorespiratory fitness than moderate intensity exercise training alone? *J Sports Sci Med.* 2014;13(3):702-7.
14. Alvarez C, Ramirez-Campillo R, Martinez-Salazar C, Mancilla R, Flores-Opazo M, Cano-Montoya J, et al. Low-volume high-intensity interval training as a therapy for type 2 diabetes. *Int J Sports Med.* 2016;37(9):723-9.
15. Weston KS, Wisløff U, Coombes JS. High-intensity interval training in patients with lifestyle-induced cardiometabolic disease: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2014;48(16):1227-34.
16. Milanović Z, Sporiš G, Weston M. Effectiveness of high-intensity interval training (hit) and continuous endurance training for VO₂max improvements: a systematic review and meta-analysis of controlled trials. *Sports Med.* 2015;45(10):1469-81.
17. Binder RK, Wonisch M, Corra U, Cohen-Solal A, Vanhees L, Saner H, et al. Methodological approach to the first and second lactate threshold in incremental cardiopulmonary exercise testing. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.* 2008;15(6):726-34.
18. Frayn KN. Calculation of substrate oxidation rates in vivo from gaseous exchange. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol.* 1983;55(2):628-34.
19. Goodpaster BH, Wolf D. Skeletal muscle lipid accumulation in obesity, insulin resistance, and type 2 diabetes. *Pediatr Diabetes.* 2004;5(4):219-26.
20. Kaminsky LA, Padjen S, LaHam-Saeger J. Effect of split exercise sessions on excess post-exercise oxygen consumption. *Br J Sports Med.* 1990;24(2):95-8.
21. Bahr R, Sejersted OM. Effect of intensity of exercise on excess postexercise O₂ consumption. *Metabolism.* 1991;40(8):836-41.
22. Børsheim E, Bahr R. Effect of exercise intensity, duration and mode on post-exercise oxygen consumption. *Sports Med.* 2003;33(14):1037-60.
23. Chenevière X, Borrani F, Droz D, Gojanovic B, Malatesta D. Effects of 2 different prior endurance exercises on whole-body fat oxidation kinetics: light vs. heavy exercise. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2012;37(5):955-64.
24. Rynders CA, Angadi SS, Weltman NY, Gaesser GA, Weltman A. Oxygen uptake and ratings of perceived exertion at the lactate threshold and maximal fat oxidation rate in untrained adults. *Eur J Appl Physiol.* 2011;111(9):2063-8.
25. Little JP, Safdar A, Bishop D, Tarnopolsky MA, Gibala MJ. An acute bout of high-intensity interval training increases the nuclear abundance of PGC-1 α and activates mitochondrial biogenesis in human skeletal muscle. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2011;300(6):R1303-10.
26. Gist NH, Freese EC, Cureton KJ. Comparison of responses to two high-intensity intermittent exercise protocols. *J Strength Cond Res.* 2014;28(11):3033-40.
27. Jeppesen J, Kiens B. Regulation and limitations to fatty acid oxidation during exercise. *J Physiol.* 2012;590(5):1059-68.